

## Peta Ketumpatan Fizikal bagi Menentukan Unsur Berisiko Banjir Di Kawasan Kota Belud, Sabah, Malaysia

(Physical Density Map for Determining Flood Risk Elements in Kota Belud Area, Sabah, Malaysia)

KAMILIA SHARIR<sup>1,2</sup> & RODEANO ROSLEE<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>*Natural Disaster Research Centre (NDRC), Universiti Malaysia Sabah, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia*  
<sup>2</sup>*Faculty of Science & Natural Resources (FSSA), Universiti Malaysia Sabah, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia*

*Diserahkan: 28 April 2022/Diterima: 12 Julai 2023*

### ABSTRAK

Banjir merupakan bencana alam yang berlaku setiap tahun dan memberi impak kepada kehidupan manusia, gangguan sosio-ekonomi dan kemusnahan alam sekitar. Terdapat tiga komponen penting dalam mentafsir risiko banjir iaitu; Bahaya, Kemudahterancaman dan Pendedahan. Pendedahan dalam konteks ini merujuk kepada unsur yang terdedah atau berisiko kepada sesuatu kerugian dan mempunyai tahap kemudahterancamannya yang tersendiri. Rekod kejadian banjir di kawasan ini semakin meningkat terutamanya selepas kejadian Gempa Bumi Ranau 2015. Peningkatan kejadian ini menjejaskan kelangsungan hidup kerana kebergantungan komuniti setempat terhadap hasil pertanian seperti penanaman padi untuk menjana pendapatan selain penempatan kemudahan fasiliti awam seperti hospital, pejabat kerajaan dan sekolah. Justeru, mengenal pasti unsur berisiko di kawasan ini amatlah penting untuk meminimumkan risiko banjir yang akan menjejaskan kawasan ini. Objektif utama kajian ini adalah untuk mengenal pasti unsur berisiko yang terdedah kepada ancaman bencana banjir di kawasan Kota Belud, Sabah. Pendedahan unsur berisiko boleh dikenal pasti secara nyata atau tidak nyata. Unsur berisiko nyata dikenal pasti melalui jejak bangunan dan jenis jaringan jalan raya yang ada di sekitar kawasan kajian manakala unsur berisiko tidak nyata pula, analisis ini dilakukan secara soal selidik di lapangan. Peta Ketumpatan Fizikal (PKF) kemudian dihasilkan daripada jejak bangunan dan peta jaringan jalan raya untuk menggambarkan unsur berisiko pada skala rantau. Peta ini dihasilkan dengan menukar poligon bangunan menjadi titik dan pengiraan dibuat berdasarkan kilometer persegi dan menggabungkannya dengan maklumat ketumpatan jaringan jalan raya. Kaedah ini turut digunakan sebagai kaedah alternatif untuk menggambarkan taburan penduduk bagi kawasan yang mempunyai ketersediaan dan kebolehcapaian data yang terhad. Hasil analisis menunjukkan kawasan unsur berisiko yang berketumpatan fizikal tinggi terletak berhampiran dengan sungai-sungai utama seperti Sungai Kadamaian, Sungai Wariu, Sungai Gurong-gurong, Sungai Tempasuk dan Sungai Abai. Kajian ini amat berguna sebagai kajian perintis dalam mentafsir risiko banjir di kawasan ini dan berpotensi dikembangkan di kawasan lain agar kerosakan dan kerugian harta benda, infrastruktur atau utiliti awam dapat diurus dan dikurangkan.

Kata kunci: Bahaya; banjir; kemudahterancaman; Kota Belud; risiko; unsur berisiko

### ABSTRACT

Flooding is a natural disaster that annually impacts human lives, socio-economic disruptions, and environmental destruction. There are three critical components to interpreting flood risk: Hazard, vulnerability, and exposure. Exposure in this context refers to elements that are exposed or at risk of experiencing losses and have their level of vulnerability. The record of flood incidents in this area is increasing, especially after the Ranau Earthquake 2015. This increase in incidents affects livelihoods as the local community relies on agricultural yields such as rice cultivation for income generation, in addition to the presence of public facilities such as hospitals, government offices, and schools. Therefore, identifying the risky elements in this area is crucial to minimising the flood risk that may affect the region. The main objective of this study was to identify the elements at risk from flood disaster threats in the Kota Belud area of Sabah. Risk elements can be identified explicitly or implicitly. Explicit risk elements are identified through the presence of buildings and the types of road networks in the study area, while implicit risk elements are analysed

through field surveys. A Physical Density Map (PDM) is then generated from the building footprints and road network map to illustrate the risk elements at a regional scale. This map is created by converting building polygons into points, calculating them based on square kilometres, and combining them with road network information. This method is also an alternative approach to depicting population distribution in areas where data availability and accessibility are limited. The analysis results show that high physical density risk elements are located near major rivers such as Sungai Kadamaian, Sungai Waru, Sungai Gurong-gurong, Sungai Tempasuk, and Sungai Abai. This study is precious as a pioneering study in interpreting flood risk in this area. It has the potential to be extended to other areas to manage and reduce damages and losses to properties, infrastructure, or public utilities.

Keywords: Element at risk; flood; hazard; Kota Belud; risk; vulnerability

## PENGENALAN

Peningkatan kadar pertumbuhan penduduk di Sabah secara amnya bertambah sebanyak 0.2% daripada 3.89 juta (tahun 2018) kepada 3.90 juta (tahun 2019). Di daerah Kota Belud khususnya, bilangan penduduk di kawasan ini meningkat daripada 109.9 ribu pada tahun 2018 kepada 111.8 ribu penduduk pada tahun 2019 dengan kadar peningkatan sebanyak 1.7% (Jabatan Perangkaan Malaysia 2019). Maklumat ini menunjukkan bahawa unsur berisiko seperti penduduk, harta benda persendirian, fasiliti awam yang terdedah kepada kemudahterancaman banjir juga turut meningkat. Aset atau objek yang terdedah dalam zon bahaya atau berisiko seperti bencana banjir dan berpotensi mengalami kerugian dirujuk sebagai unsur berisiko. Ia terdiri daripada sebarang objek yang boleh dikenal pasti contohnya seperti penduduk, harta benda, kemudahan infrastruktur dan kegiatan ekonomi.

Menurut Fell et al. (2005) dan van Westen (2006), unsur berisiko merujuk kepada suatu objek binaan seperti bangunan, penduduk dan infrastruktur, yang mempunyai risiko tertentu untuk terdedah kepada bahaya semula jadi. Unsur berisiko turut ditakrifkan sebagai keadaan atau proses yang terhasil daripada faktor fizikal, sosial, ekonomi dan persekitaran yang boleh meningkatkan kemudahterancaman dalam sesebuah komuniti (Crozier & Glade 2005; Hufschmidt et al. 2005).

Unsur berisiko boleh terlibat secara langsung (seperti sesebuah rumah dinaiki air) atau secara tidak langsung apabila terdapat gangguan perkhidmatan (seperti jalan raya disekat atau operasi kilang ditutup). Lebih banyak aset yang terdedah kepada ancaman bahaya banjir, lebih banyak masalah akan dihadapi berbanding dengan kawasan yang tidak mempunyai aset (van Westen 2016). Hal ini kerana setiap aset atau unsur itu mempunyai nilai tertentu sama ada dinilai dalam bentuk

wang ringgit, bilangan orang yang terjejas atau dalam unit yang sukar diukur seperti kepentingan budaya terhadap kualiti alam sekitar.

Di kawasan Kota Belud khususnya, kejadian banjir dilaporkan berlaku setiap tahun sejak tahun 1960-an. Peningkatan kekerapan dan magnitud banjir bukan sahaja dikaitkan dengan hujan lebat berpunca daripada monsun atau taufan dari negara jiran, malah ia juga dikaitkan dengan kesan peristiwa gempa bumi Ranau 2015 yang berukuran 6.0 skala ritcher. Keadaan ini menyebabkan alur sungai semakin cetek akibat dipenuhi oleh mendapan sedimen yang terhasil daripada bahan debris (puing) dan longgokan kayu (Ayog et al. 2017; Mariappan, Roslee & Sharir 2019; Nicole et al. 2018; Roslee & Norhisham 2018; Roslee & Sharir 2019a, 2019b; Roslee et al. 2017a, 2018; Sharir, Roslee & Mariappan 2019).

Oleh yang demikian, inventori aset yang berada di sesebuah kawasan yang berbahaya penting untuk dilaksanakan bagi mengenal pasti unsur berisiko. Maklumat dalam inventori ini haruslah merangkumi maklumat asas seperti di mana objek tersebut berada (kawasan persekitaran objek), berapa orang yang tinggal atau bekerja dalam bangunan tersebut, apa perkhidmatan yang tersedia sekiranya berlaku sesuatu bencana (banjir) dan kesiapsiagaan dalam menghadapi sesuatu bencana (banjir) (Roslee & Jamaluddin 2012; van Westen 2016).

Selain itu, penting juga untuk memetakan lokasi khas seperti kawasan warisan kebudayaan, kawasan kilang dengan bahan yang berbahaya atau bangunan kemudahan yang berpotensi mengalami kerugian yang tinggi seperti sekolah, hospital dan pejabat-pejabat kerajaan (van Westen 2016). Ini kerana kawasan banjir yang ditunjukkan dalam peta analisis bahaya atau peta kerentanan banjir biasanya tidak memaparkan

atau menunjukkan ciri kawasan perumahan, kawasan perindustrian dan sebarang infrastruktur yang dilanda banjir.

Oleh yang demikian, tujuan analisis pengenalanpastian unsur berisiko dibuat untuk mengkaji aktiviti dan aset ekonomi yang terdedah kepada bahaya banjir. Tambahan pula, unsur berisiko merupakan salah satu komponen penting untuk pentaksiran risiko banjir (UNDRO 1991; van Westen, Castellanos & Kuriakose 2008). Namun bagi menjawab persoalan seperti apakah tahap (atau darjah) kemusnahan atau kerosakan atau gangguan bagi objek ini sekiranya terdedah kepada banjir, ia memerlukan kajian pentaksiran kemudahterancaman banjir. Tujuan pentaksiran kemudahterancaman dibuat untuk melihat keupayaan sesuatu unsur berisiko terganggu akibat kesan daripada sesuatu fenomena berbahaya. Bahagian ini tidak akan dibincangkan kerana kajian ini hanya menumpukan kajian pengenalanpastian unsur berisiko terhadap banjir.

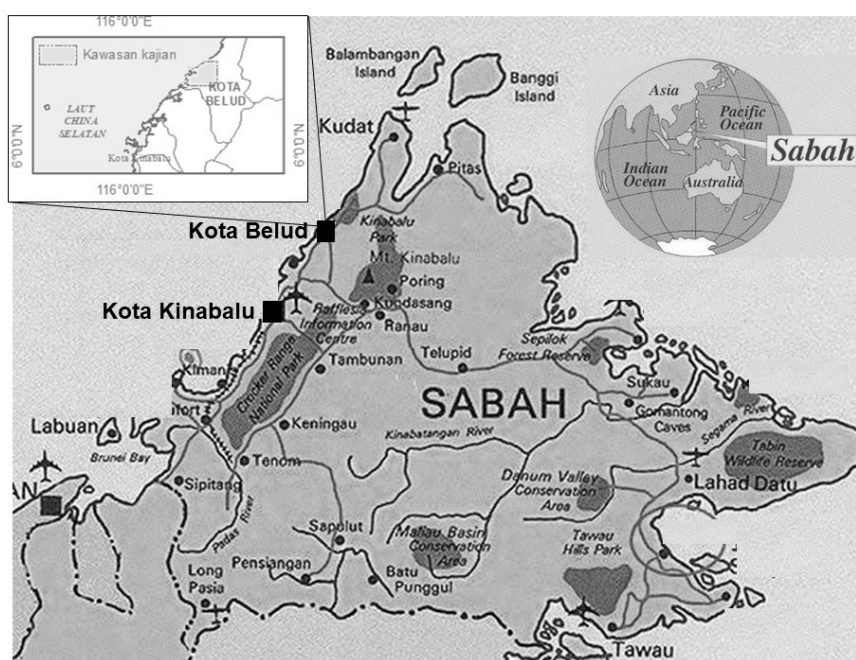
#### KAWASAN KAJIAN

Kawasan kajian terletak sebahagian dalam daerah Kota Belud iaitu di bahagian pantai Barat Sabah yang menghadap Laut China Selatan. Kota Belud terletak

70 km dari Kota Kinabalu, iaitu ibu negeri Sabah. Keluasan daerah ini dianggarkan 1,385.6 kilometer persegi ( $\text{km}^2$ ) (Jabatan Pengairan dan Saliran Kota Belud 2011). Daerah ini mempunyai tiga lembangan sungai utama iaitu Lembangan Sungai Tempasuk berkeluasan 122 kilometer persegi ( $\text{km}^2$ ), Lembangan Sungai Kedamaian berkeluasan 445 kilometer persegi ( $\text{km}^2$ ) dan Lembangan Sungai Wariu berkeluasan 343 kilometer persegi ( $\text{km}^2$ ).

Kedudukan kawasan ini dibatasi dengan garis lintang (latitud) antara  $6^{\circ}18'32.655''\text{U}$  dan  $6^{\circ}25'49.605''\text{U}$  manakala garis bujur (longitud) pula dibatasi antara  $116^{\circ}28'37.631''\text{T}$  dan  $116^{\circ}18'47.156''\text{T}$ . Rajah 1 menunjukkan peta kawasan kajian yang terletak dalam daerah Kota Belud. Kawasan kajian mempunyai keluasan sebesar  $200 \text{ km}^2$ .

Aktiviti pembangunan yang pesat seperti pembukaan dan perluasan kawasan kediaman, komersial, perindustrian dan infrastruktur telah mendorong pertumbuhan dan transformasi sosio-ekonomi di kawasan ini. Masalah kemerosotan kualiti alam sekitar dan impak bencana terutamanya selepas kejadian Gempa Bumi Ranau 2015 telah memberi kesan yang drastik dalam kejadian banjir yang berlaku di kawasan ini.



RAJAH 1. Lokasi kawasan kajian

## METODOLOGI KAJIAN

Terdapat banyak pendekatan yang digunakan untuk menilai pendedahan unsur berisiko sama ada secara khusus (kajian kes) ataupun secara rantau bergantung kepada tahap ketersediaan data dan kebolehcapaiannya. Sebagai contoh, maklumat terperinci tentang isi rumah, struktur bangunan dan nilai harta tanah boleh didapati namun sukar dicapai (contoh: maklumat atau data diperoleh daripada syarikat insurans). Sebaliknya, ia merupakan satu tugas yang besar dalam mengenal pasti atau menetapkan nilai kerosakan dan kerugian secara purata pada unsur yang berisiko ini, misalnya menilai tahap kerugian di kawasan perindustrian, kediaman, pertanian, jalan raya dan loji kumbahan.

Bukan sahaja dengan menilai daripada segi pembangunan ekonomi, malah pendedahan terhadap kesan sosial dan psikologi juga perlu diambil kira dalam mengenal pasti semua unsur berisiko akibat kejadian banjir. Secara umumnya, ia terbahagi kepada dua perbezaan utama iaitu unsur berisiko nyata (*tangible*) dan tidak nyata (*intangible*). Unsur berisiko yang nyata adalah objek yang boleh dikenal pasti, setempat, boleh dipetakan dan dikuantifikasi (contohnya: objek fizikal) manakala bagi unsur berisiko yang tidak nyata pula adalah objek yang sukar untuk dikuantifikasi atau dipetakan kerana tiada dimensi ruang (contohnya: nilai budaya, kesejahteraan masyarakat setempat, keadaan psikologi dan tingkah laku sosiologi) (van Westen 2016). Sekiranya sesuatu bencana berlaku seperti banjir, semua unsur berisiko ini sama ada nyata atau tidak nyata juga akan terkesan. Oleh yang demikian, pendedahan unsur berisiko boleh ditentukan dengan: 1) Mewujudkan protokol rakaman selepas kejadian; 2) Melakukan kerja lapangan yang terperinci atau khusus termasuk soal selidik secara ekstensif untuk menilai maklumat berasaskan objek; dan 3) Mendapatkan maklumat secara rantau daripada sumber lain seperti statistik rasmi daripada agensi kerajaan atau pihak berkepentingan.

Walaupun banyak usaha daripada organisasi seluruh dunia dalam membincangkan isu ini, namun masih tiada persetujuan bersama atau kata sepakat mengenai bagaimana kemudahterancaman dan unsur berisiko perlu dinilai. Penilaian seperti ini memerlukan kepakaran rentas disiplin. Perkara ini disokong oleh kenyataan daripada Mohamed et al. (2021) yang menyatakan bahawa keupayaan berbilang disiplin dan teknologi maklumat dalam kajian bencana alam amat diperlukan dalam mengumpul maklumat skala serantau bagi pengenalpastian bahaya, pendedahan, kemudahterancaman dan penilaian risiko. UNDP (2004)

mencadangkan bahawa kumpulan kemudahterancaman boleh dikategorikan kepada empat komponen iaitu fizikal, ekonomi, alam sekitar dan sosial. Cadangan ini dilihat seiring dengan pendapat Roslee dan Jamaluddin (2012), Roslee, Jamaludin dan Simon (2017b) dan van Westen (2016), yang menyatakan bahawa terdapat banyak jenis unsur berisiko dan cara untuk mengelaskannya seperti unsur fizikal (guna tanah, jenis dan nilai harta tanah), populasi (ketumpatan penduduk), kemudahan awam, aspek sosio-ekonomi, kemudahan pengangkutan, aktiviti ekonomi dan unsur persekitaran. Ini menunjukkan bahawa unsur yang berisiko harus dipilih berdasarkan empat aspek ini dan ia juga bergantung pada keadaan kawasan yang dikaji. Menurut Saleh, Yuzir dan Sabtu (2022), pembangunan peta yang mengandungi maklumat unsur berisiko yang terdedah kepada banjir boleh dijadikan alat untuk pihak berkuasa tempatan untuk mengurus dan mengurangkan risiko banjir.

Pemilihan unsur berisiko dan ciri boleh digunakan dalam analisis dengan mengambil kira punca dan pengalaman penyelidik dalam kajian terdahulu dan ketersediaan maklumat dalam bentuk kartografi dan statistik. Dalam kajian ini, pengenalpastian unsur berisiko dilakukan secara nyata (kajian rantau) dan tidak nyata (kajian kes). Pengenalpastian unsur berisiko secara nyata dilakukan secara kajian rantau dengan menganalisis ke atas unsur fizikal iaitu menghasilkan inventori jenis jaringan jalan raya dan jejak bangunan (*building footprint*). Seterusnya, kedua-dua data unsur berisiko fizikal ini kemudiannya digabungkan menjadi satu Peta Ketumpatan Fizikal (PKF) merangkumi maklumat ketumpatan bangunan dan ketumpatan jaringan jalan raya untuk dijadikan input asas dalam pentaksiran risiko banjir.

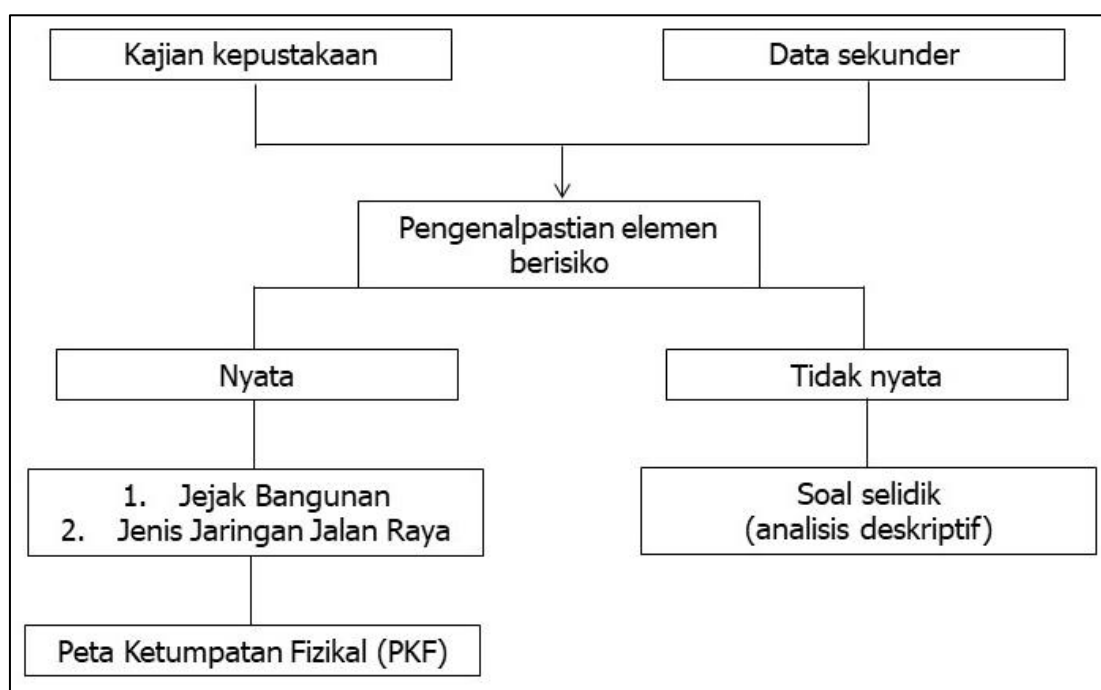
Bagi mengenal pasti unsur berisiko secara tidak nyata pula, ia dilaksanakan secara kajian kes untuk menyokong hasil kajian rantau dengan memberi borang proforma soal selidik akan persepsi (*perception*), kesedaran (*awareness*), kesiapsiagaan (*preparedness*) dan tindakan (*action*) masyarakat setempat yang terdedah kepada ancaman banjir di kawasan Kota Belud, Sabah. Rajah 2 menunjukkan carta alir metodologi yang digunakan dalam kajian ini.

Salah satu data asas yang diperlukan dalam mengenal pasti unsur berisiko ialah memperoleh data guna tanah. Data ini diperoleh daripada Jabatan Perancangan Bandar dan Wilayah Sabah. Data guna tanah dapat menentukan kawasan dan jenis atau unit bangunan, kegiatan ekonomi yang dijalankan dan kepadatan penduduk dalam jangka waktu yang berlainan.

#### ANALISIS UNSUR BERISIKO NYATA (KAJIAN RANTAU)

Analisis unsur berisiko nyata dilakukan secara kajian rantau untuk mendapat gambaran keseluruhan kawasan kajian dengan menghasilkan inventori jenis jejak bangunan dan jaringan jalan raya yang kemudiannya maklumat ini dipaparkan dalam bentuk Peta Ketumpatan Fizikal (PKF). Unsur fizikal seperti bangunan dan jalan raya merupakan unsur berisiko yang penting dalam penilaian risiko sesuatu bencana terutamanya bencana banjir. Jejak bangunan dilakukan kerana dalam sesebuah unit bangunan, ia menempatkan aset dan manusia. Unsur ini akan bertindak balas sekiranya sesuatu bahaya terjadi dan boleh mendatangkan kerosakan atau melibatkan kecederaan (van Westen 2016). Ciri yang ada pada sesebuah unit bangunan juga dapat memberi maklumat yang diperlukan dalam kajian kemudahterancaman (fizikal, semula jadi dan sosial) dan maklumat ini diisi dalam atribut bangunan tersebut secara ruangan. Bagi peta jaringan jalan raya pula, data vektor jalan raya terbahagi kepada dua iaitu jalan utama (merangkumi jalan negeri atau jalan persekutuan) dan jalan sekunder (terdiri dari jalan kampung atau jalan persendirian).

Terdapat beberapa cara untuk membina peta jejak bangunan dan jaringan jalan raya antaranya seperti mendapatkan peta kadastral daripada agensi kerajaan atau membina data set berdasarkan cerapan lapangan dan kaedah penderiaan jauh. Dalam kajian ini, data jejak bangunan yang dilakukan adalah secara cerapan lapangan dan kaedah penderiaan jauh. Skala rantau (1:100 000) telah dipilih untuk kajian ini kerana ia lebih sesuai dengan ketersediaan data yang ada. Data bangunan ini telah didigitkan melalui imej 'Google Earth' yang terkini (Rajah 3). Setiap data yang didigitkan dilakukan tinjauan lapangan terutamanya di kawasan yang sering kali terjejas akibat banjir. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam pangkalan data georuang dengan menggunakan perisian sistem maklumat geografi kerana set data ini akan digunakan juga sebagai input dalam kajian penilaian bahaya, kemudahterancaman dan juga risiko banjir. Data Jaringan jalan raya pula diekstrak dari data 'open street map' dan divalidasi semula menggunakan peta topografi kawasan kajian. Data jalan raya yang disurih adalah jalan raya berturap oleh kerana secara hidrologinya bahan yang membina jalan raya ini terdiri daripada



RAJAH 2. Carta alir metodologi pengenalanpastian unsur berisiko

bahan tidak telap dan tidak berlopak. Data jalan raya ini dikelaskan mengikut anggaran kelebarannya dengan jalan utama dianggarkan berkelebaran 6 meter manakala jalan sekunder pula berkelebaran 4 meter.

Ketepatan data populasi amat penting dalam mengenalpastian unsur berisiko. Pangkalan data populasi termasuklah data banci yang disediakan oleh pihak kerajaan, mempunyai kitaran masa kemaskini yang panjang (bancian setiap 10 tahun) dan tidak menunjukkan persempadanan kawasan yang dihuni secara tepat kerana kebanyakan data banci ini adalah dalam bentuk statistik dan diekstrak ke dalam poligon secara vektor sama ada mengikut sempadan mukim, daerah atau negeri. Jika dilihat daripada segi taburan penduduk, cara ini dilihat berat sebelah (*bias*) terutamanya kawasan luar bandar yang hanya mempunyai tumpuan populasi di kawasan tertentu sahaja seperti di kawasan tanah pamah dan bukan menghuni di kawasan hutan atau berbukit. Oleh yang demikian, PKF ini digunakan sebagai alternatif kepada ketidakersediaan data bancian di kawasan ini.

Hal ini juga akan mempengaruhi ketepatan data pentaksiran risiko banjir di sesebuah kawasan. Tambahan pula, taburan populasi amat berkait rapat dengan bangunan yang ada di sesebuah kawasan terutamanya kawasan perbandaran (Zhu et al. 2020), maka wajarlah jika menggunakan ketumpatan bangunan untuk mentaksir dan menilai taburan populasi di sesebuah kawasan berdasarkan skala bangunan. Ketumpatan bangunan bukan sahaja menunjukkan lokasi taburan penduduk malah ia juga mempengaruhi pemintasan air hujan, penyusupan (bahan tidak telap) dan halaju aliran

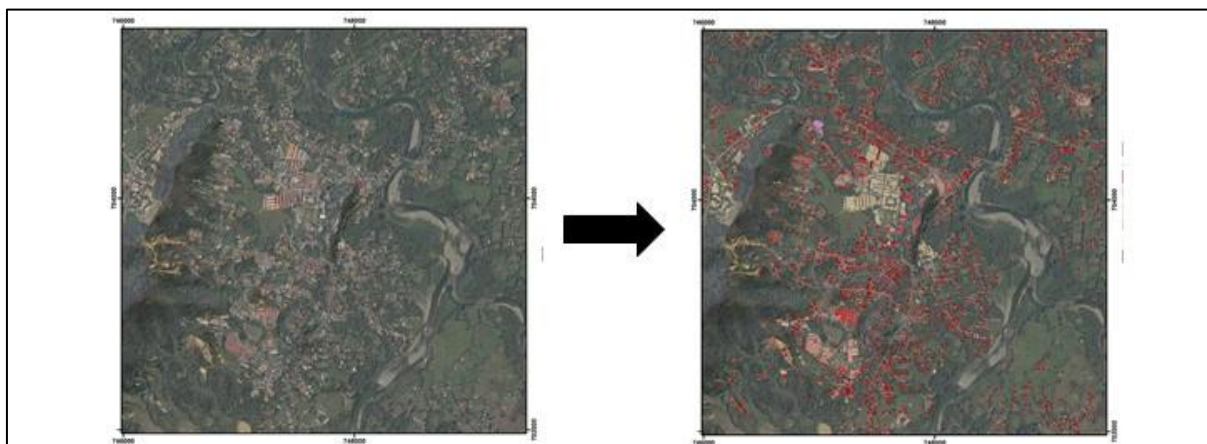
banjir namun begitu unit bangunan secara individu tidak dapat disimulasikan pada skala rantau (van Westen 2016; Zhu et al. 2020).

Gabungan antara data jejak bangunan dan juga jenis jaringan jalan raya dalam bentuk poligon vektor diinterpolasi untuk mendapatkan PKF (data raster). Peta interpolasi ini memaparkan maklumat ketumpatan bangunan per kilometer persegi dan daripada data ini, saiz pikselnya juga boleh dikawal untuk keseragaman penghasilan peta bahaya, kemudahterancaman dan akhir sekali membuat penilaian risiko banjir.

#### ANALISIS UNSUR BERISIKO TIDAK NYATA (KAJIAN KES)

Bagi analisis unsur berisiko tidak nyata, kajian ini dilakukan secara kajian kes dengan melibatkan kaedah deskriptif sahaja dengan pengumpulan maklumat adalah melalui soal selidik. Borang proforma soal selidik akan persepsi (*perception*), kesedaran (*awareness*), kesiapsiagaan (*preparedness*) dan tindakan (*action*) masyarakat setempat yang terdedah kepada ancaman banjir di kawasan Kota Belud, Sabah dihasilkan dalam bentuk 'close-ended'; responden hanya perlu menjawab soalan yang mempunyai jawapan yang telah disediakan dan tidak perlu untuk memberikan sebarang cadangan atau komen. Oleh itu, kebanyakan soalan yang disediakan adalah dalam bentuk skala Likert yang boleh dikelaskan kepada 3 kelas, iaitu 1- tidak setuju, 2- setuju dan 3- tidak pasti.

Borang soal selidik ini boleh dibahagikan kepada empat bahagian. Bahagian A meliputi maklumat latar



RAJAH 3. Pendigitan bangunan yang ada di kawasan kajian berdasarkan imej *Google Earth*

belakang responden; bahagian B memahami persepsi responden terhadap banjir; bahagian C menilai tahap kesedaran responden terhadap banjir dan bahagian D berkaitan dengan kesiapsiagaan responden dalam menghadapi banjir di kawasan kajian.

#### HASIL DAN PERBINCANGAN

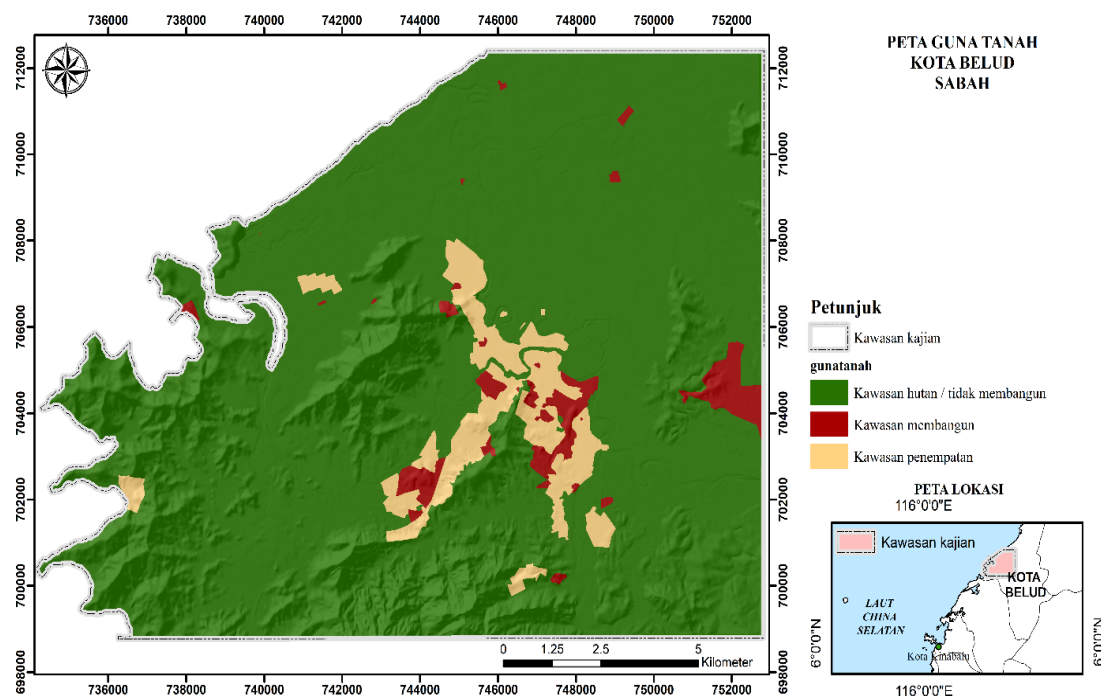
Peningkatan kadar pertumbuhan penduduk di kawasan Kota Belud, Sabah akan menyebabkan meningkatkan pendedahan unsur berisiko kepada bencana banjir kerana kawasan ini sering mengalami banjir setiap tahun. Rajah 4 menunjukkan tiga jenis guna tanah utama yang diambil kira dalam kajian ini dengan setiap sektor ini mempunyai objek atau aset yang terdedah kepada ancaman bahaya banjir atau disebut sebagai unsur berisiko terhadap banjir.

Daripada rajah tersebut, peratus keluasan kawasan yang paling tinggi ialah kawasan hutan dan tidak membangun iaitu sebanyak 92% (182 km<sup>2</sup>), kawasan ini terdiri daripada kawasan konservasi, luar bandar, pertanian dan pemuliharaan padi, 6% (11 km<sup>2</sup>) daripada kawasan kajian merupakan kawasan penempatan

manakala 3% (5 km<sup>2</sup>) daripada kawasan ini terdiri daripada kawasan yang telah dibangunkan seperti kawasan pusat perniagaan, kemudahan komuniti, kegunaan kerajaan dan industri am.

Seperti yang dinyatakan dalam metodologi kajian, pengenaltastian unsur berisiko dalam kajian ini terbahagi kepada dua iaitu secara nyata (kajian rantau) dan tidak nyata (kajian kes). Analisis unsur berisiko secara nyata (kajian rantau) menghasilkan inventori jejak bangunan dan juga jenis jaringan jalan raya yang berada di kawasan kajian. Sebanyak 15,182 data telah di kumpul di sekitar kawasan kajian. Hasil data yang diperoleh, jenis bangunan yang telah dikenal pasti dalam kawasan kajian adalah seperti berikut; 12,869 buah unit bangunan jenis residensi, 153 buah unit bangunan jenis perindustrian, 460 buah unit bangunan jenis institusi, 372 buah unit bangunan jenis komersial, 234 buah unit bangunan jenis fasiliti awam dan 1,094 buah unit bangunan jenis pertanian (Rajah 5).

Bagi jenis jaringan jalan raya pula, terdapat dua jenis jalan raya yang terdapat di kawasan ini iaitu jalan utama yang merangkumi jalan persekutuan dan jalan



RAJAH 4. Peta guna tanah kawasan kajian

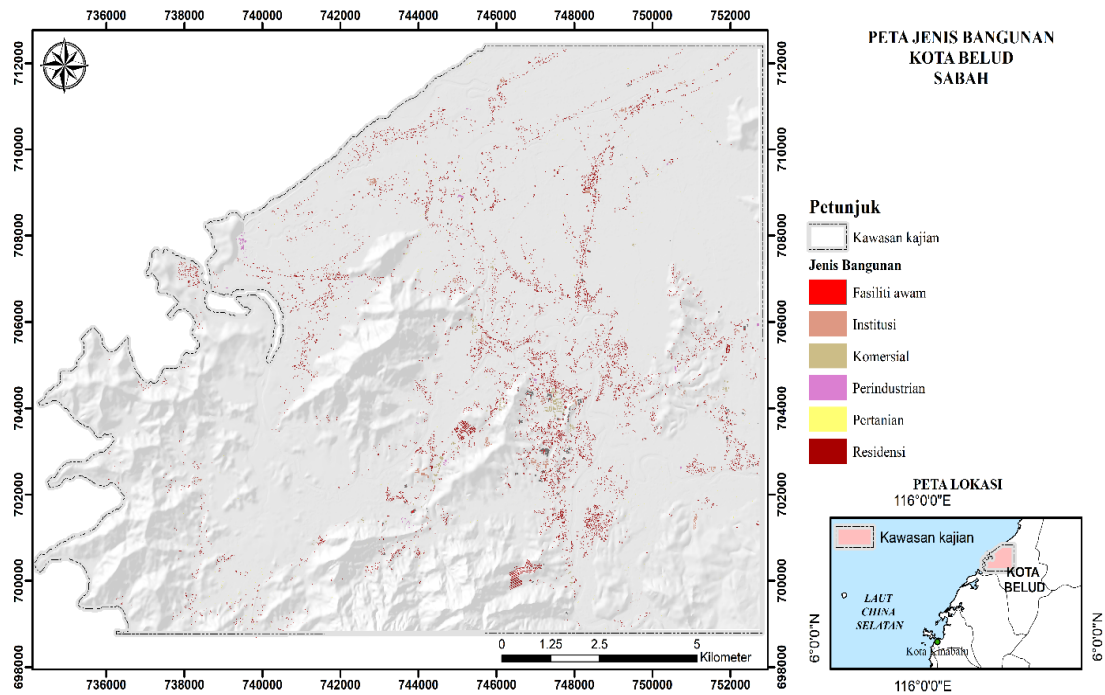
negeri manakala jalan sekunder pula merangkumi jalan kampung atau jalan persendirian. Jalan raya utama berkepanjangan 26 km yang melintangi kawasan ini merupakan jalan persekutuan yang menghubungkan antara Kudat ke Kota Kinabalu dan juga merupakan sebahagian daripada lebuhraya Pan Borneo (AH 150). Bagi jalan raya sekunder pula, sebanyak 1,434 batang jalan raya telah dikenal pasti merangkumi jalan raya yang bertar atau berturap sahaja dengan jumlah panjang jalan raya iaitu sepanjang 512 km. Rajah 6 menunjukkan taburan jalan raya yang melintangi kawasan kajian.

Rajah 7 menunjukkan gambaran jelas jejak bangunan di kawasan ini yang melalui proses interpolasi menjadi ketumpatan bangunan dalam unit kilometer persegi. Ketumpatan bangunan ini dibahagikan menggunakan kaedah 'natural break (jenk)' dengan saiz resolusi ruang yang telah ditetapkan kepada 5 m × 5 m. Ketumpatan bangunan ini dibahagikan kepada 5 kelas utama iaitu sebanyak 50% (99 km<sup>2</sup>) dari kawasan ini menunjukkan kawasan yang berketumpatan sangat rendah dengan nilai kurang daripada 41 unit bangunan per kilometer persegi, 26% (52 km<sup>2</sup>) dari kawasan ini menunjukkan kawasan yang berketumpatan rendah

dengan nilai 41 hingga 110 unit bangunan per kilometer persegi, 15% (29 km<sup>2</sup>) dari kawasan ini menunjukkan kawasan yang berketumpatan sederhana dengan nilai 110 hingga 200 unit per kilometer persegi, manakala 7% (14 km<sup>2</sup>) dari kawasan ini menunjukkan kawasan yang berketumpatan tinggi dengan nilai 200 - 341 unit per kilometer persegi dan akhir sekali 2% (4 km<sup>2</sup>) dari kawasan ini menunjukkan kawasan yang berketumpatan tinggi dengan nilai lebih dari 341 unit per kilometer persegi. Bilangan unit bangunan yang tertinggi per kilometer persegi dalam kawasan ini ialah sebanyak 745 unit. Setiap satu unit bangunan yang dihitung dalam kajian ini merujuk kepada satu unit bangunan secara individu (*free standing building*) (Rajah 5).

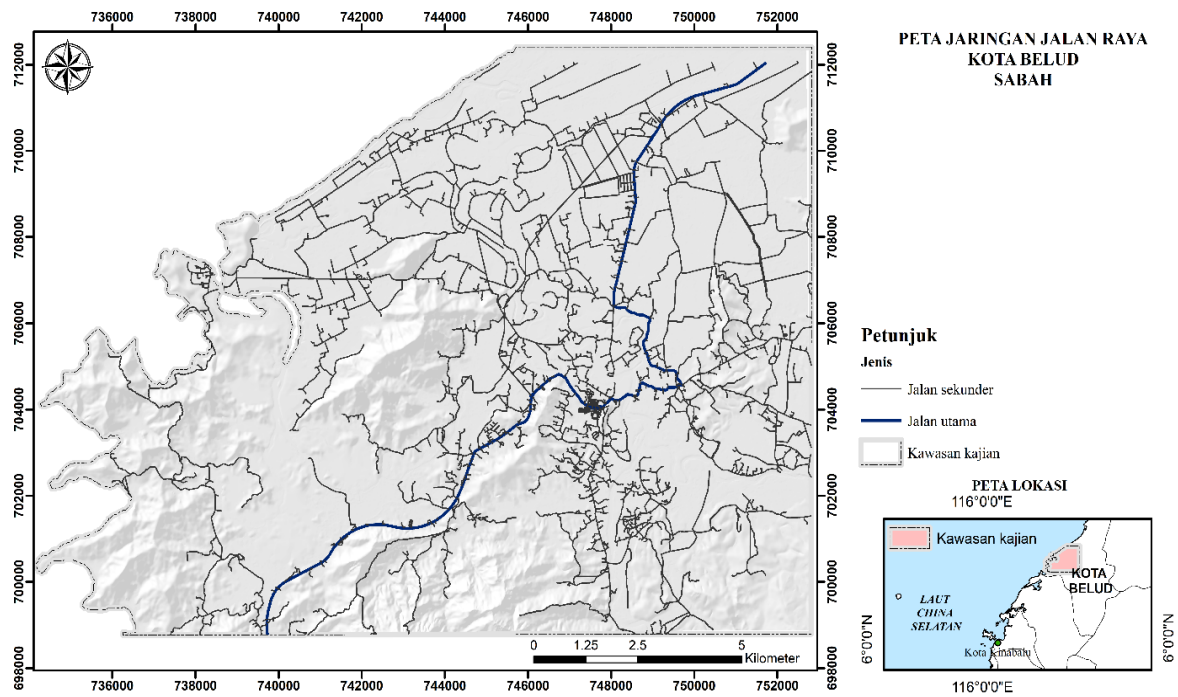
Rajah 8 pula menunjukkan PKF hasil gabungan antara peta ketumpatan bangunan dan ketumpatan jalan raya dalam bentuk data raster. Peta PKF ini dapat memberi gambaran jelas berkenaan taburan unsur fizikal seperti bangunan dan juga jaringan jalan raya yang berada di kawasan kajian.

Jadual 1 menunjukkan pecahan kawasan berdasarkan kelas ketumpatannya. Kawasan yang dikenal pasti ini perlu diberikan lebih perhatian terutamanya kawasan

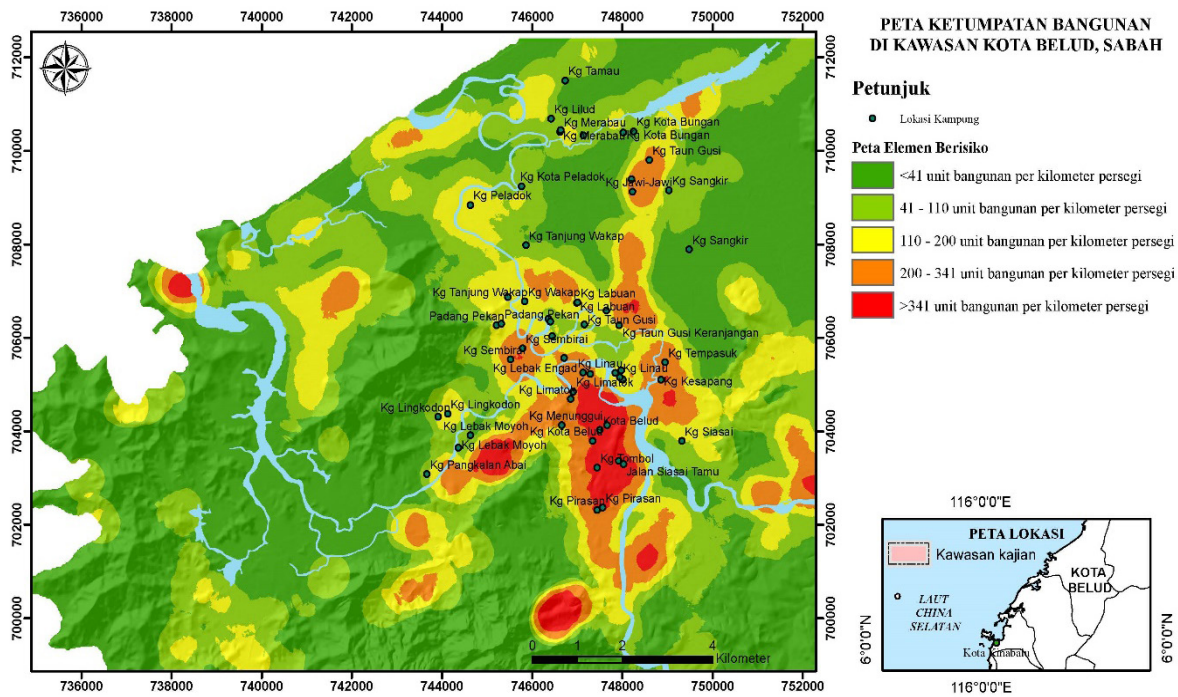


RAJAH 5. Taburan jenis bangunan yang ada di kawasan kajian





RAJAH 6. Jenis jaringan jalan raya yang terdapat di kawasan kajian  
 (Sumber: Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia 2015)



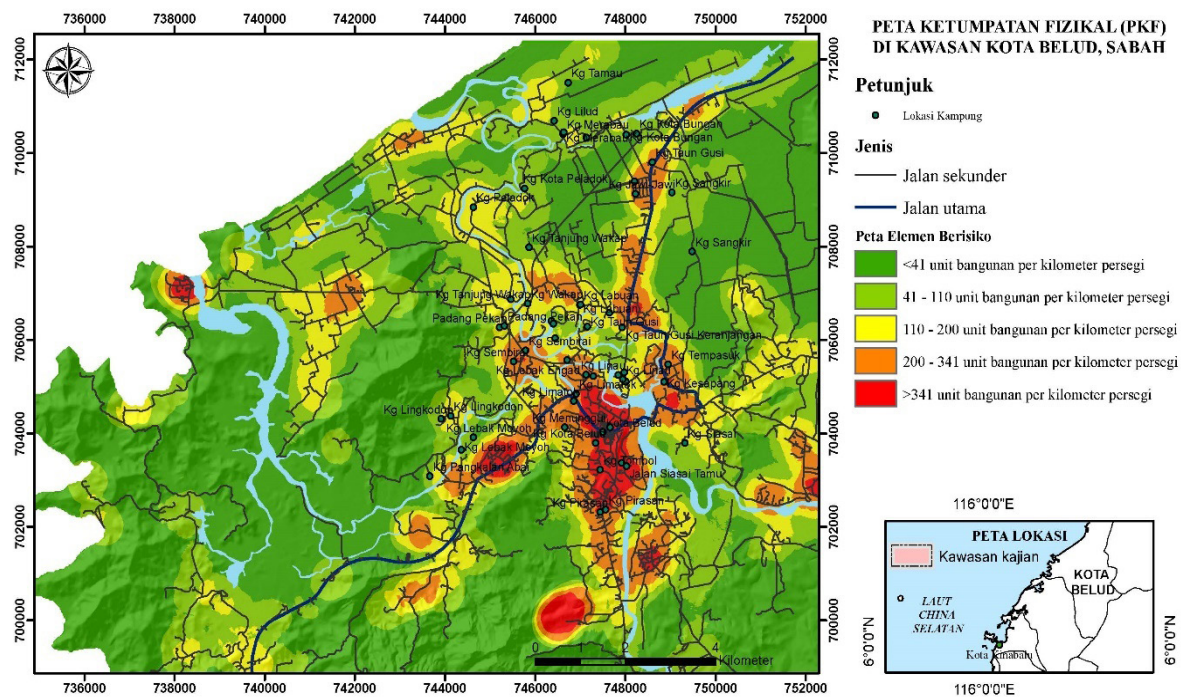
RAJAH 7. Peta ketumpatan bangunan hasil interpolasi jejak bangunan dalam unit km<sup>2</sup>

yang mempunyai ketumpatan fizikal yang tinggi dan sangat tinggi. Daripada hasil kajian ini juga dapat dilihat bahawa bahagian yang mempunyai ketumpatan PKF tinggi terletak berhampiran dengan sungai-sungai utama. Sememangnya kawasan yang bertopografi rendah atau rata dan terletak berdekatan dengan sungai atau dataran banjir menjadi pilihan utama untuk pembangunan dijalankan. Justeru, dalam mengenal pasti unsur berisiko, hal seperti ini perlu dititikberatkan untuk mengelak kerugian atau kemusnahan yang bakal dihadapi sekiranya berlaku banjir terutamanya di kawasan yang mempunyai ketumpatan fizikal tinggi dan sangat tinggi.

Analisis unsur berisiko tidak nyata yang dilaksanakan secara kajian kes mendapati bahawa seramai 490 responden telah menjawab borang soal selidik yang diedarkan di sekitar kawasan kajian dan terdiri daripada 206 responden lelaki manakala 284 responden wanita. Hasil analisis latar belakang responden iaitu bahagian A (Jadual 2), peratusan umur responden

yang menjawab soal selidik ini dilihat hampir sekata dengan 36.9% responden berumur >51 tahun, 32.9% berumur 31-50 tahun, 30.2% berumur 21-30 tahun dan bakinya berumur <20 tahun. Sebanyak 59.8% responden tidak bekerja dan kebanyakan responden mempunyai isi rumah antara 4-6 orang (52.2%). Daripada hasil ini juga mendapati bahawa hampir 65.7% responden tinggal di kawasan tanah pamah.

Hasil analisis bahagian B yang melibatkan persepsi responden terhadap banjir (Jadual 3), mendapati bahawa 82% responden faham apa itu banjir kilat dan majoriti responden berpendapat bahawa kejadian banjir yang berlaku di kawasan ini berpunca daripada susulan insiden gempa bumi (47%), hujan lebat berterusan (94%), limpahan empangan air (57%), hakisan sungai (65%) dan kemungkinan air pasang tinggi (62%). Namun, responden tidak pasti sama ada pembalakan hutan di kawasan ini menjadi punca kepada kejadian banjir di sini. Hanya 47% responden bersetuju terdapat usaha daripada pihak kerajaan atau mana-mana badan tertentu dalam usaha mengatasi masalah banjir di kawasan ini.



RAJAH 8. Peta Ketumpatan Fizikal (PKF) di kawasan Kota Belud, Sabah

JADUAL 1. Pengelasan kawasan berdasarkan ketumpatan fizikal

Kelas ketumpatan fizikal	Kawasan	
Ketumpatan sangat rendah	Kg Sangkir	
	Kg Tamau	
	Jalan Lebak Moyoh Bypass Kudat	
	Kg Lebak Moyoh	
Ketumpatan rendah	Kg Kota Peladok	Kg Kota Bungan
	Kg Lilud	Kg Lebak Engad
	Kg Sangkir	Kg Lebak Moyoh
	Kg Tanjung Pasir	Kg Merabau
	Kg Tanjung Wakap	Kg Pangkalan Abai
	Kg Taun Gusi	Kg Siasai
	Kg Tawadakan	
	Kg Linau	
Ketumpatan sederhana	Jalan Kampung Linau	Kg Merabau
	Kg Taun Gusi Keranjang	Kg Peladok
	Kg Gunding	Kg Timbang Dayang
	Kg Keranjang	Padang Pekan
	Kg Labuan	Kg Tanjung Wakap
	Kg Linau	Kg Wakap
	Kg Lingkodon	
	Kg Menunggu	
Ketumpatan tinggi	Kg Kesapang	Kg Menunggu
	Kg Sembirai	Kg Pirasan
	Kg Taun Gusi	Kg Tempasuk
	Kg Jawi-Jawi	Jalan Kampung Menunggu
	Kg Labuan	Kg Menunggu
	Kg Lebak Engad	
	Kg Limatok	
	Kg Siasai Tamu	
Ketumpatan sangat tinggi	Kg Kota Belud	
	Kg Siasai Tamu	
	Kg Pangkalan Abai	
	Kg Pirasan	
	Kg Tombol	
	Pekan Kota Belud	

JADUAL 2. Bahagian A - latar belakang responden

Faktor		Kekerapan	Peratusan (%)
Jantina	Lelaki	206	42
	Perempuan	284	58
Umur	<20 tahun	49	10
	21-30 tahun	99	20.2
	31-50 tahun	161	32.9
	>51 tahun	181	36.9
Jenis pekerjaan	Agensi kerajaan	55	11.2
	Agensi swasta	61	12.4
	Masih menuntut/ belajar	40	8.2
	Tidak bekerja	293	59.8
	bekerja sendiri	41	8.4
Bilangan isi rumah	< 3 orang	103	21
	4 - 6 orang	256	52.2
	7 - 10 orang	93	19
	> 10 orang	38	7.8
Kawasan tempat tinggal	Tanah tinggi	51	10.4
	Tambakan sungai	117	23.9
	Tanah pamah	322	65.7

Majoriti responden bersetuju bahawa latihan persediaan banjir di kawasan ini perlu dikendalikan oleh Agensi Pengurusan Bencana Negara (85%), pihak berkuasa tempatan (84%), Jabatan Mineral dan Geosains (64%), Jabatan Meteorologi (69%), JKR (73%), APNM (75%) dan polis (75%). Majoriti responden juga bersetuju dengan tindakan pihak kerajaan yang boleh membantu masyarakat dalam menghadapi bencana banjir dari segi bantuan makanan (95%), penempatan sementara (93%) dan membaik pulih kerosakan fasiliti awam (87%). Kebanyakan responden tidak menyalahkan pihak kerajaan (44%) atau pemaju (46%) sekiranya terdapat kemusnahan atau kerosakan harta benda awam dan kehilangan nyawa apabila berlakunya banjir.

Analisis bahagian C menilai tahap kesedaran responden terhadap banjir (Jadual 4) dan daripada hasil ini didapati bahawa 96% responden di kawasan ini pernah mengalami banjir dan responden juga tahu akan

kesan banjir terhadap alam sekitar (78%). Sejumlah 52% daripada responden mengalami kerosakan atau kemusnahan harta benda akibat banjir dan 67% responden akan melakukan pengubahsuaian sekiranya harta benda mereka terkesan akibat banjir. Hampir 86% responden tidak setuju untuk memilih membina rumah berhampiran sungai namun, 60% daripada responden ini tidak pasti dengan apa yang dimaksudkan dengan dataran banjir. Sekiranya berlaku banjir, 68% responden akan lari ke tempat lebih tinggi dan 49% responden akan mendiamkan diri di rumah. Di kawasan Kota Belud telah dilancarkan aplikasi mobil iaitu SAIFON untuk memberi amaran awal banjir, daripada hasil soal selidik bahawa majoriti responden tidak pasti dengan keberkesanan aplikasi tersebut dan memilih untuk mempercayai maklumat bencana banjir secara media sosial (65%), sistem pesanan ringkas (64%) dan secara telefon (73%).

JADUAL 3. Bahagian B – Persepsi responden

	N	Setuju	Tidak Setuju	Tidak Pasti	Mean
1. Pemahaman berkaitan kejadian banjir kilat	490	402 (82%)	88 (18%)	-	1.1796
2. Punca-punca berlakunya kejadian banjir					
i. Gempa bumi	490	230 (47%)	103 (21%)	157 (32%)	1.8510
ii. Hujan lebat berterusan	490	461 (94%)	6 (1%)	23 (5%)	1.1061
iii. Limpahan empangan	490	280 (57%)	75 (15%)	135 (28%)	1.7041
iv. Hakisan sungai	490	317 (65%)	44 (9%)	128 (26%)	1.6327
v. Sistem perparitan yang gagal	490	357 (73%)	36 (7%)	97 (20%)	1.4694
vi. Pembalakan hutan	490	168 (34%)	138 (28%)	184(38%)	2.0327
vii. Air pasang tinggi	490	303 (62%)	63 (13%)	124 (25%)	1.6347
3. Usaha dari pihak kerajaan atau mana-mana badan tertentu dalam usaha mengatasi masalah banjir	490	232 (47%)	143 (29%)	115 (24%)	1.7612
4. Pihak yang wajar mengendalikan latihan persediaan menghadapi banjir					
i. Agensi Pengurusan Bencana Negara	490	415 (85%)	7 (1%)	68 (14%)	1.2918
ii. Pihak berkuasa tempatan	490	412 (84%)	12 (2%)	66 (14%)	1.2939
iii. Jabatan Mineral dan Geosains	490	312 (64%)	28 (6%)	150 (31%)	1.6694
iv. Jabatan Meteorologi	490	340 (69%)	21 (4%)	129 (26%)	1.5694
v. JKR	490	358 (73%)	18 (4%)	114 (23%)	1.5020
vi. APNM	490	365 (75%)	16 (3%)	109 (22%)	1.4776
vii. Polis	490	369 (75%)	19 (4%)	102 (21%)	1.4551
viii. Agensi swasta/NGO	490	18 (4%)	336 (69%)	136 (28%)	2.5918
5. Tindakan kerajaan dalam membantu menghadapi bencana banjir					
i. Bantuan Makanan	490	466 (95%)	9 (2%)	15 (3%)	1.0796
ii. Penempatan sementara	490	456 (93%)	14 (3%)	20 (4%)	1.1102
iii. Membaikpulih kerosakan fasiliti awam	490	425 (87%)	19 (4%)	46 (9%)	1.2265
6. Pihak yang dipersalahkan sekiranya terdapat kemusnahan atau kerosakan harta benda awam dan kehilangan nyawa					
i. Kerajaan DBKK/JKR/JAS/JPBW)	490	126 (26%)	214 (44%)	150 (31%)	2.0490
ii. Pemaju	490	118 (24%)	227 (46%)	145 (30%)	2.0551

JADUAL 4. Bahagian C – Tahap kesedaran responden

	N	Setuju	Tidak Setuju	Tidak Pasti	Min
1. Pernah mengalami situasi banjir	490	470 (96%)	20 (4%)	-	1.0429
2. Kesan banjir terhadap alam sekitar	490	383 (78%)	75 (15%)	31 (7%)	1.3000
3. Harta benda yang mengalami kerosakan/kemusnahan akibat banjir	490	256 (52%)	234 (48%)	-	1.4776
4. Melakukan pengubahsuaian sekiranya terdapat kerosakan	490	330 (67%)	95 (19%)	65 (13%)	1.4592
5. Memilih untuk membina rumah di tepi sungai	490	29 (6%)	420 (86%)	41 (8%)	2.0245
6. Tahu akan maksud dataran banjir	490	200 (40%)	-	290 (60%)	2.0225
7. Tindakan yang dilakukan sekiranya berlaku banjir					
i. melarikan diri ke tempat yang tinggi	490	333 (68%)	93 (19%)	64 (13%)	1.4510
ii. mendiamkan diri di rumah	490	242 (49%)	166 (34%)	82 (17%)	1.6735
8. Sumber maklumat sekiranya berlaku banjir					
i. Aplikasi SAIFON	490	175 (36%)	99 (20%)	216 (44%)	2.0837
ii. Media sosial	490	317 (65%)	90 (18%)	83 (17%)	1.5224
iii. SMS	490	311 (64%)	77 (16%)	102 (21%)	1.5735
iv. Telefon	490	356 (73%)	64 (13%)	70 (14%)	1.4163

Analisis akhir (bahagian D) melibatkan penilaian terhadap tahap kesiapsiagaan dan tindakan responden dalam menghadapi banjir (Jadual 5). Hasil soal selidik, majoriti responden (86%) tahu tindakan yang perlu dilakukan sekiranya berlaku banjir. Namun begitu kebanyakan responden tidak pasti (43%) akan tindakan

yang perlu mereka lakukan sekiranya menerima amaran dalam aplikasi SAIFON. Responden juga tidak memiliki insurans nyawa/bencana (79%), namun sekiranya diarahkan untuk berpindah ke kawasan baru untuk mengatasi masalah banjir, responden majoritinya setuju untuk berpindah (70%).

JADUAL 5. Bahagian C - Kesiapsiagaan dan tindakan responden

	N	Setuju	Tidak Setuju	Tidak Pasti	Min
1. Tahu tindakan yang perlu diambil sekiranya berlaku banjir	490	422 (86%)	27 (5%)	41 (8%)	1.2224
2. Tahu tindakan yang perlu diambil sekiranya menerima amaran dalam aplikasi SAIFON	490	159 (33%)	119 (24%)	212 (43%)	2.1082
3. Memiliki insurans nyawa/insurans bencana?	490	67 (14%)	387 (79%)	36 (7%)	2.4367
4. Setuju/Tidak sekiranya di arah berpindah ke tempat lebih selamat dari banjir	490	345 (70%)	80 (16%)	65 (14%)	1.4286

#### KESIMPULAN

Kajian ini memperlihatkan bahawa Peta Ketumpatan Fizikal (PKF) yang dihasilkan daripada surihan jejak bangunan dan jenis jaringan jalan raya boleh dijadikan alternatif untuk mengenal pasti unsur berisiko nyata secara kajian rantau bagi memaparkan unsur fizikal di sesuatu kawasan sekiranya ketersediaan dan kebolehcapaian data nilai harta tanah atau data yang berkaitan dengan penilaian harta adalah terhad. Kajian kes untuk mengenal pasti unsur berisiko tidak nyata juga perlu dilakukan untuk dijadikan data sokongan bagi melengkapkan kajian pengenalanpastian unsur berisiko. Secara keseluruhan, analisis unsur berisiko memaparkan kawasan yang berketumpatan fizikal tinggi terletak berhampiran sungai-sungai utama seperti Sungai Kadamaian, Sungai Wariu, Sungai Gurong-gurong, Sungai Tempasuk dan Sungai Abai. Hasil soal selidik juga mendapati bahawa responden di kawasan ini cakna akan isu banjir dan melakukan kesiapsiagaan dan tindakan sendiri yang berkesan serta mendapat bantuan daripada pihak berkuasa tempatan. Kajian ini amat berguna sebagai kajian perintis dalam mentafsir risiko banjir di kawasan kajian ini dan berpotensi dikembangkan di kawasan lain agar kerosakan dan kerugian harta benda, infrastruktur atau utiliti awam dapat diurus dan dikurangkan.

#### PENGHARGAAN

Terima kasih diucapkan kepada Pusat Kajian Bencana Alam (NDRC) dan Fakulti Sains dan Sumber Alam (FSSA), Universiti Malaysia Sabah (UMS) atas kemudahan dan bantuan dana yang diberikan bagi

membayai dan menanggung segala kos kajian ini di bawah geran penyelidikan (SDK0012-2017 dan GUG0303-2/2018).

#### RUJUKAN

- Ayog, J.L., Tongkul, F., Mirasa, A.K., Roslee, R. & Dullah, S. 2017. Flood risk assessment on selected critical infrastructure in Kota Marudu Town, Sabah, Malaysia. *MATEC Web of Conferences* 103: 04019(1)-04019(9).
- Crozier, M.J. & Glade, T. 2005. Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach. Dlm. *Landslide Hazard and Risk*, disunting oleh Glade, T., Anderson, M. & Crozier, M.J. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Fell, R., Ho, K.K.S., Lacasse, S. & Leroy, E. 2005. A framework for landslide risk assessment and management. Dlm *International Conference on Landslide Risk Management*, disunting oleh Oldrich, H., Robin, F., Rejean, C. & Erik, E. 31: 3-26.
- Hufschmidt, G., Crozier, M. & Glade, T. 2005. Evolution of natural risk: Research framework and perspectives. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5: 375-387.
- Jabatan Pengairan dan Saliran Kota Belud. 2011. *Profail Daerah Kota Belud*. Sabah: Jabatan Pengairan dan Saliran Kota Belud.
- Jabatan Perangkaan Malaysia. 2019. *Laporan Sosioekonomi Negeri Sabah 2019*. Sabah: Jabatan Perangkaan Malaysia.
- Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia. 2015. *Peta Topografi Kota Belud, Sabah*. Kuala Lumpur: Jabatan Ukur dan Pemetaan Negara Malaysia.
- Mariappan, S., Roslee, R. & Sharir, K. 2019. Flood Susceptibility Analysis (FSAn) using multi-criteria evaluation (MCE) technique for landuse planning: A case from Penampang, Sabah, Malaysia. *Journal of Physics: Conference Series* 1358: 012067.

- Mohamed, Z., Rafek, A.G., Zhang, M., Chen, Y., Goh, T.L., Azahari, K. & Mohamad, Z. 2021. Leveraging on multidisciplinary expertise for landslide disaster risk reduction and management: A case study of a limestone hill rockfall hazard assessment, Batu Caves, Selangor, Malaysia. *Sains Malaysiana* 50(8): 2179-2191.
- Nicole, L.S.L., Bolong, N., Roslee, R., Tongkul, F., Mirasa, A.K. & Ayog, J.L. 2018. Flood vulnerability index for critical infrastructure towards flood risk management. *ASM Sci. J. Special Issue 2018(3) for SANREM (Environmental Management)* 11: 134-146.
- Roslee, R. & Jamaluddin, T.A. 2012. Kemudahterancaman Bencana Gelinciran Tanah (LHV): Sorotan literatur dan cadangan pendekatan baru untuk pengurusan risiko gelinciran tanah di Malaysia. *Bull. Geol. Soc. Malaysia* 58: 5-88.
- Roslee, R., Bidin, K., Musta, B. & Tahir, S. 2017a. Intergration of GIS in Estimation of Soil Erosion Rate at Kota Kinabalu area, Sabah, Malaysia. *Adv. Sci. Lett.* 23(2): 1352-1356.
- Roslee, R., Jamaludin, T.A. & Simon, N. 2017b. Landslide Vulnerability Assessment (LVAs): A Case Study from Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Indonesian Journal on Geoscience* 4(1): 49-59.
- Roslee, R., Tongkul, F., Mariappan, S. & Simon, N. 2018. Flood Hazard Analysis (FHAn) Using Multi-Criteria Evaluation (MCE) in Penampang Area, Sabah, Malaysia. *ASM Sci. J. Special Issue 2018(3) for SANREM (Environmental Management)* 11: 104-122.
- Roslee, R. & Norhisham, M.N. 2018. Flood susceptibility analysis using multi-criteria evaluation model: A case study in Kota Kinabalu, Sabah. *ASM Sci. J. Special Issue 2018(3) for SANREM (Environmental Management)* 11: 123-133.
- Roslee, R. & Sharir, K. 2019a. Integration of GIS-Based RUSLE Model for land planning and environmental management in Ranau Area, Sabah, Malaysia. *ASM Sc. J. Special Issue 3, 2019 for ICST2018* 12: 60-69.
- Roslee, R. & Sharir, K. 2019b. Soil erosion analysis using RUSLE Model at the minitod area, Penampang, Sabah, Malaysia. *Journal of Physics: Conference Series* 1358: 012066.
- Saleh, S., Yuzir, A. & Sabtu, N. 2022. Flash flood susceptibility mapping of Sungai Pinang catchment using frequency ratio. *Sains Malaysiana* 51(1): 51-65.
- Sharir, K., Roslee, R. & Mariappan, S. 2019. Flood Susceptibility Analysis (FSA) using Analytical Hierarchy Process (AHP) model at the Kg. Kolopis area, Penampang, Sabah, Malaysia. *Journal of Physics: Conference Series* 1358: 012065.
- UNDRO. 1991. *Mitigation Natural Disasters, Phenomena, Effects and Options*. New York: United Nations Disaster Relief.
- UNDP. 2004. *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development-a Global Report*. <http://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/preparing-for-disaster/risk-reduction/reducing-disaster-risk/>. Diakses pada 2 Februari 2021.
- van Westen, C.J. 2016. *Characterization of Assets - Unsurts at Risk. Caribbean Handbook on Risk Information Management*. <http://www.charim.net/>. Diakses pada 3 Februari 2021.
- van Westen, C.J., Castellanos, E. & Kuriakose, S.L. 2008. Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. *Engineering Geology* 102: 112-131.
- van Westen, C.J., Van Asch, T.W.J. & Soeters, R. 2006. Landslide hazard and risk zonation - why is it still so difficult? *Bull. of Eng. Geol. and the Env.* 65: 167-184.
- Zhu, S., Dai, Q., Zhao, B. & Shao, J. 2020. Assessment of population exposure to urban flood at the building scale. *Water (Switzerland)* 12(11): 1-14.

\*Pengarang untuk surat-menyurat; email: rodeano@ums.edu.my